

Express Mail Label No. EL 539 011 095 US

PATENT  
81940.0001



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Shoichi HIROTA, et al.

Serial No: Not assigned

Filed: July 24, 2000

For: REFLECTION-TYPE COLOR LIQUID  
CRYSTAL DISPLAY APPARATUS

Art Unit: Not assigned

Examiner: Not assigned

#2  
10/27/00  
amw

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Box PATENT APPLICATION  
Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

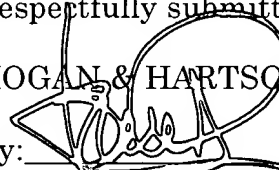
Enclosed herewith is a certified copy of Japanese patent application No. 11-210659 which was filed July 26, 1999, from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

HOGAN & HARTSON L.L.P.

Date: July 24, 2000

By:   
Louis A. Mok  
Registration No. 22,585  
Attorney for Applicant(s)

500 South Grand Avenue, Suite 1900  
Los Angeles, California 90071  
Telephone: 213-337-6700  
Facsimile: 213-337-6701

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

1172-40125  
JC877 U.S. PTO  
09/624062



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 7 月 2 6 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 2 1 0 6 5 9 号

出 願 人

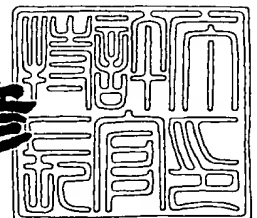
Applicant (s):

株式会社日立製作所

2 0 0 0 年 5 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特 2 0 0 0 - 3 0 3 5 6 1 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 A804001S

【提出日】 平成11年 7月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02F 1/1335

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内

【氏名】 廣田 昇一

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株式会社日立製作所 日立研究所内

【氏名】 伊東 理

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100099302

【弁理士】

【氏名又は名称】 笹岡 茂

【電話番号】 03-3251-3824

【選任した代理人】

【識別番号】 100099298

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 修

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 018658

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 反射型カラー液晶表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 スイッチング素子と反射電極とを備えた複数の画素をマトリクス状に配置したアクティブマトリクス基板と、透明電極を備えたガラス基板と、前記アクティブマトリクス基板と前記ガラス基板との間に封入した液晶層と、位相板と、偏光板とからなる反射型カラー液晶表示装置において、

前記液晶層に印加する電圧の低電圧側で黒画像を表示し、高電圧側のある電圧において白画像を表示するノーマリブラック表示方式であって、

前記位相板と前記液晶層との間における光のストークスパラメータ ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ) の  $S_1-S_2$  面への射影がほぼ直線であり、かつ、前記反射電極の反射面における偏光状態が何れの波長のにおいてもほぼ円偏光であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項2】 請求項1において、前記液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが150nm以上でかつ340nm以下であり、前記液晶層のツイスト角度が20度以上でかつ70度以下であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項3】 請求項1において、前記液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが200nm以上でかつ300nm以下であり、前記液晶層のツイスト角度が40度以上でかつ55度以下であり、前記偏光板の透過軸と前記ガラス基板側の液晶配向方向とのなす角度が-32度以上でかつ-16度以下であり、前記偏光板の透過軸と前記位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が70度以上でかつ81度以下であり、前記位相板のリターデーションが320nm以上でかつ430nm以下であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項4】 請求項1において、前記液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションがほぼ250nmであり、前記液晶層のツイスト角度がほぼ50度であり、前記偏光板の透過軸とガラス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ-26度であり、前記偏光板の透過軸と位相板の遅相軸との

なす角度である位相板方位角がほぼ 76 度であり、前記位相板のリターデーションがほぼ 380 nm であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項 5】 スイッチング素子と反射電極とを備えた複数の画素をマトリクス状に配置したアクティブマトリクス基板と、透明電極を備えたガラス基板と、前記アクティブマトリクス基板と前記ガラス基板との間に封入した液晶層と、位相板と、偏光板とからなる反射型カラー液晶表示装置において、

前記液晶層に印加する電圧の低電圧側で白画像を表示し、高電圧側のある電圧において黒画像を表示するノーマリホワイト表示方式であって、

前記位相板と前記液晶層との間における光のストークスパラメータ ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ) の  $S_1-S_2$  面への射影がほぼ直線であり、かつ、前記反射電極の反射面における偏光状態が何れの波長のにおいてもほぼ直線偏光であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項 6】 請求項 5 において、前記液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが 200 nm 以上でかつ 450 nm 以下であり、前記液晶層のツイスト角度が 50 度以上でかつ 65 度以下であり、前記偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ 0 度ないし 90 度であり、前記アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が 44 度以上でかつ 76 度以下であり、前記位相板のリターデーションが 69 nm 以上でかつ 255 nm 以下であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項 7】 請求項 5 において、前記液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが 250 nm 以上でかつ 450 nm 以下であり、前記液晶層のツイスト角度が 55 度以上でかつ 60 度以下であり、前記偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ 0 度ないし 90 度であり、前記アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が 47 度以上でかつ 75 度以下であり、前記位相板のリターデーションが 91 nm 以上でかつ 251 nm 以下であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項 8】 請求項 5 において、前記液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションがほぼ 400 nm であり、前記液晶層のツイスト角度が約 55 度以上でかつ約 60 度以下であり、前記偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ 0 度ないし 90 度であり、前記アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が約 73 度以上でかつ約 74 度以下であり、前記位相板のリターデーションが約 160 nm 以上でかつ約 200 nm 以下であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項 9】 スイッチング素子と反射電極とを備えた複数の画素をマトリクス状に配置したアクティブマトリクス基板と、透明電極を備えたガラス基板と、前記アクティブマトリクス基板と前記ガラス基板との間に封入した液晶層と、位相板と、偏光ビームスプリッタとからなる反射型カラー液晶表示装置において、

前記液晶層に印加する電圧の低電圧側で黒画像を表示し、高電圧側のある電圧において白画像を表示するノーマリホワイト表示方式であって、

前記液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが 200 nm 以上でかつ 450 nm 以下であり、前記液晶層のツイスト角度が 50 度以上でかつ 65 度以下であり、前記偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ 0 度ないし 90 度であり、前記アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と前記位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が 44 度以上でかつ 76 度以下であり、前記位相板のリターデーションが 69 nm 以上でかつ 255 nm 以下であることを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

【請求項 10】 請求項 1 から請求項 9 のいずれかにおいて、前記反射型カラー液晶表示装置に三原色光を時間分割で切換えて照射する光源を備え、前記光源の前記時間分割で切換えのタイミングに同期して各三原色に対応した画像の表示を行うことを特徴とする反射型カラー液晶表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、反射型カラー液晶表示装置に係り、特に、あらゆる階調において色再現を実現する液晶表示の技術に関する。

【0002】

## 【従来の技術】

反射型液晶ディスプレイは、液晶本来の低消費電力の特徴を備えたディスプレイであり、携帯情報端末機器等、駆動時間に対する要求が強い機器においては必須のデバイスである。しかしながら、現在主流の白黒表示の反射型液晶ディスプレイでは表示できる情報量に限りがあり、また、画像情報を扱うのが困難である等の問題点がある。今後の携帯情報端末機器等の市場の拡大のためにも、高性能な反射型カラー液晶ディスプレイが望まれている。

特開平 1 0 - 1 5 4 8 1 7 号公報には、ツイスト角度が  $45^\circ$  ,  $63^\circ$  ,  $90^\circ$  の場合におけるセルパラメータの開示がされている。また、特開平 6 - 1 1 7 1 1 号公報には、表面が滑らかな凹凸を有した鏡面電極を有し、偏光子と液晶素子と光学位相補償部材とからなる反射型液晶表示装置についての開示がある。この反射型液晶表示装置においては、液晶素子のリターデーションと光学位相補償部材のリターデーションとの差を波長で除した量が、 $m$  を正の整数として、 $m/2 \pm 0.1$  のときに光透過状態、 $0.25 + m/2 \pm 0.1$  のときに遮光状態となるように、液晶素子ならびに光学位相補償部材のリターデーションを選定している。

上記何れの技術開示においても、白あるいは黒表示時の何れかの無彩色化はある程度考慮されているが、白表示及び黒表示、さらには全階調に渡る無彩色化は考慮されていない。したがって、このような条件の液晶ディスプレイにおいて白から黒へ連続的に変化するグラデーション表示を行うと、中間の階調において着色が生じ、表示品質の低下を招くことになる。



## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、白表示時及び黒表示時の無彩色化に加えて、中間調表示時の無彩色化も同時に実現し、色再現性の高い反射型カラー液晶表示装置を提供することにある。

## 【0004】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、スイッチング素子と反射電極とを備えた複数の画素をマトリクス状に配置したアクティブマトリクス基板と、透明電極を備えたガラス基板と、アクティブマトリクス基板とガラス基板との間に封入した液晶層と、位相板と、偏光板とからなる反射型カラー液晶表示装置において、液晶層に印加する電圧の低電圧側で黒画像を表示し、高電圧側のある電圧において白画像を表示するノーマリブラック表示方式であって、位相板と液晶層との間における光のストークスパラメータ ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ) の  $S_1 - S_2$  面への射影がほぼ直線であり、かつ、反射電極の反射面における偏光状態が何れの波長のにおいてもほぼ円偏光とする。

ここで、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが  $150\text{ nm}$  以上でかつ  $340\text{ nm}$  以下であり、液晶層のツイスト角度が  $20$  度以上でかつ  $70$  度以下とし、好適な高コントラスト比の反射型カラー液晶表示装置を実現する。

ここで、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが  $200\text{ nm}$  以上でかつ  $300\text{ nm}$  以下であり、液晶層のツイスト角度が  $40$  度以上でかつ  $55$  度以下であり、偏光板の透過軸とガラス基板側の液晶配向方向とのなす角度が  $-32$  度以上でかつ  $-16$  度以下であり、偏光板の透過軸と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が  $70$  度以上でかつ  $81$  度以下であり、位相板のリターデーションが  $320\text{ nm}$  以上でかつ  $430\text{ nm}$  以下とし、より高コントラスト比の反射型カラー液晶表示装置を実現する。

ここで、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションがほぼ  $250\text{ nm}$  であり、液晶層のツイスト角度がほぼ  $50$  度であり、偏光板の

透過軸とガラス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ $-26$ 度であり、偏光板の透過軸と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角がほぼ $76$ 度であり、位相板のリターデーションがほぼ $380\text{ nm}$ とし、全ての階調で無彩色表示が可能であり、色再現性に優れる反射型カラー液晶表示装置を実現する。

また、スイッチング素子と反射電極とを備えた複数の画素をマトリクス状に配置したアクティブマトリクス基板と、透明電極を備えたガラス基板と、アクティブマトリクス基板とガラス基板との間に封入した液晶層と、位相板と、偏光板とからなる反射型カラー液晶表示装置において、液晶層に印加する電圧の低電圧側で白画像を表示し、高電圧側のある電圧において黒画像を表示するノーマリホワイト表示方式であって、位相板と前記液晶層との間における光のストークスパラメータ ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ) の  $S_1-S_2$  面への射影がほぼ直線であり、かつ、反射電極の反射面における偏光状態が何れの波長のにおいてもほぼ直線偏光とする。

ここで、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが $200\text{ nm}$ 以上でかつ $450\text{ nm}$ 以下であり、液晶層のツイスト角度が $50$ 度以上でかつ $65$ 度以下であり、偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ $0$ 度ないし $90$ 度であり、アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が $44$ 度以上でかつ $76$ 度以下であり、位相板のリターデーションが $69\text{ nm}$ 以上でかつ $255\text{ nm}$ 以下とし、好適な高コントラスト比の反射型カラー液晶表示装置を実現する。

ここで、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが $250\text{ nm}$ 以上でかつ $450\text{ nm}$ 以下であり、液晶層のツイスト角度が $55$ 度以上でかつ $60$ 度以下であり、偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ $0$ 度ないし $90$ 度であり、アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が $47$ 度以上でかつ $75$ 度以下であり、位相板のリターデーションが $91\text{ nm}$ 以上でかつ $251\text{ nm}$ 以下とし、より高コントラスト比の反射型カラー液晶表示装置を実現する。

ここで、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーション

がほぼ 4 0 0 n m であり、液晶層のツイスト角度が約 5 5 度以上でかつ約 6 0 度以下であり、偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ 0 度ないし 9 0 度であり、アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が約 7 3 度以上でかつ約 7 4 度以下であり、位相板のリターデーションが約 1 6 0 n m 以上でかつ約 2 0 0 n m 以下とし、全ての階調で無彩色表示が可能であり、色再現性に優れる反射型カラー液晶表示装置を実現する。

また、スイッチング素子と反射電極とを備えた複数の画素をマトリクス状に配置したアクティブマトリクス基板と、透明電極を備えたガラス基板と、アクティブマトリクス基板とガラス基板との間に封入した液晶層と、位相板と、偏光ビームスプリッタとからなる反射型カラー液晶表示装置において、液晶層に印加する電圧の低電圧側で黒画像を表示し、高電圧側のある電圧において白画像を表示するノーマリホワイト表示方式であって、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが 2 0 0 n m 以上でかつ 4 5 0 n m 以下であり、液晶層のツイスト角度が 5 0 度以上でかつ 6 5 度以下であり、偏光板の透過軸とアクティブマトリクス基板側の液晶配向方向とのなす角度がほぼ 0 度ないし 9 0 度であり、アクティブマトリクス基板側の液晶配向方向と位相板の遅相軸とのなす角度である位相板方位角が 4 4 度以上でかつ 7 6 度以下であり、位相板のリターデーションが 6 9 n m 以上でかつ 2 5 5 n m 以下とする。

ここで、前記した反射型カラー液晶表示装置に、三原色光を時間分割で切換えて照射する光源を備え、光源の前記時間分割で切換えのタイミングに同期して各三原色に対応した画像の表示を行う。

【 0 0 0 5 】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

図 2 に、本発明を適用する反射型カラー液晶表示装置の断面図を示す。反射型カラー液晶表示装置は、スイッチング素子と、複数の画素をマトリクス状に配置し、かつ、各々の画素に表面形状が滑らかな凹凸である凹凸反射電極 1 0 4 a が形成されたアクティブマトリクス基板 1 2 2 と、カラーフィルタ 1 2 1 や図示し

ていない透明電極などが形成されているガラス基板 120 と、アクティブマトリクス基板 122 とガラス基板 120 との間に封入した液晶層 103 と、位相板 102 と、偏光板 101 からなる反射型カラー液晶ディスプレイパネルである。

反射型カラー液晶ディスプレイパネルは、照明等の外光を光源とし、パネルへの入射光 105 を位相板 102 と液晶層 103 において位相変調し、凹凸反射電極 104a で反射散乱され、再び液晶層 103 と位相板 102 によって位相変調され、偏光板 101 を介してパネルより出射する反射光 106 の強弱により画像を形成するディスプレイである。

#### 【0006】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態であり、反射型カラー液晶表示装置を構成する各光学素子における光学軸の相対関係ならびに光学特性を決定するパラメータについて説明する。

図 1 では、反射型カラー液晶ディスプレイパネルの構成部材のうち、偏光板 101 と、位相板 102 と、液晶層 103 と、反射電極 104 とを模式的に示す。偏光板 101 の透過軸 107 方向を基準として、他の各光学素子の光学軸の方位を定義する。角度の符号は反時計周りを正とする。位相板 102 の遅相軸 108 と透過軸 107 方向とのなす角を位相板方位角度 109 とする。液晶層 103 のパラメータとしては、ガラス基板 120 側の液晶の配向方向である上側液晶配向方向 110 と、アクティブマトリクス基板 122 側の液晶の配向方向である下側液晶配向方向 111 と、上下液晶配向方向のなす角に相当するツイスト角度 113 と、上側液晶配向方向 110 と透過軸 107 とのなす角である液晶配向角度 112 とがある。上側液晶配向方向 110 と下側液晶配向方向 111 を示す矢印の方位はラビング方向を示す。また、液晶層 103 のパラメータとして、液晶層 103 の厚みと屈折率異方性の積であるリターデーションがある。あるいはまた、位相板 102 のリターデーションも同様にパラメータである。

以上のように、反射型液晶セルの光学特性を決定するパラメータは 5 種類（液晶層 103 のツイスト角度 113，液晶配向角度 112，液晶層 103 のリターデーション，位相板 102 のリターデーション，位相板方位角度 109）挙げられる。これらのパラメータの最適値を求めるためには何らかの最適化アルゴリズム

ムが必要である。

#### 【0007】

以下において、最適化アルゴリズムについて述べる。まず、電圧がほぼ  $0\text{ V}_{\text{rms}}$  のときに黒画像表示を行うための液晶セルの特徴について、図1を用いて述べる。入射光105のうち、偏光板101によって透過軸107と直交する偏光成分は吸収され、透過軸107と平行な偏光成分のみが通過する。入射偏光は位相板102及び液晶層103を通過し、反射板104によって反射される。この反射偏光は、再び液晶層103及び位相板102を通過し、偏光板101に入射する。黒画像表示となるためには、反射偏光が偏光板101によってほぼ完全に吸収される必要がある。したがって、反射偏光は、ほぼ直線偏光でかつその偏光方向は入射偏光方向と直交していることが必要である。また、無彩色な表示を行うためには、全ての色で同時にこの条件を満たす必要がある。対称性から、この条件を満たすためには、反射板104上での偏光状態が円偏光である必要がある。しかも、無彩色な表示を行うために、各波長において同時にこの条件を満たす必要がある。

この観点から、次に述べるような最適化アルゴリズムを見出した。まず、液晶層103の条件（ツイスト角度 $\phi$ 及びリターデーション $d\Delta n$ ）（ $d$ は液晶層103のセルギャップ、 $\Delta n$ は液晶分子の屈折率異方性）を求めるため、反射型の光路のうち反射電極104以降について考えた。すなわち、反射電極104上での偏光状態が液晶層103と位相板102を通過した後、偏光板101で吸収される条件を求める。後述のように、液晶層103のパラメータ2項目（ツイスト角度 $\phi$ 及びリターデーション $d\Delta n$ ）が最適化されると、他の3項目（液晶配向角度112、位相板102のリターデーション、位相板方位角度109）のパラメータはほぼ自動的に求めることができる。

#### 【0008】

図4に、最適化アルゴリズムのフローチャートを示す。各状態における偏光状態を表すためには、ストークスパラメータを用いるのが便利である。ストークスパラメータは、偏光状態を三次元空間の座標で表す指標であり、例えば「応用光学II 鶴田匡夫著 培風館発行」にその詳細が記載されている。したがって、ス

トークスパラメータの座標の模式図も同時に示した。

以下、図4を用いて、具体的にアルゴリズムについて述べる。まず初めに、反射電極104上における円偏光を液晶層103に入射し、液晶層103のツイスト角度ならびにリターデーションに応じて位相変調がなされる。ストークスパラメータが表す座標は、三次元空間上で直径が1の球面上に位置する。この球面はポアンカレ球と称される。液晶層103を通過後の楕円偏光のポアンカレ球上の座標( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ )を調べる。位相板102を用いて各波長の楕円偏光を直線偏光に変換するためには、各波長の楕円偏光のポアンカレ球上の座標の $S_1$ - $S_2$ 面上への射影が直線上にあることが必要である。各波長の楕円偏光のポアンカレ球上の座標の $S_1$ - $S_2$ 面上への射影を直線でフィッティングし、位相板102の方位角度 $\theta$ ならびにリターデーション $d_{PC}\Delta n_{PC}$ を算出する。その結果を用いて先の楕円偏光( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ )を直線偏光化( $S_1'$ ,  $S_2'$ ,  $S_3'$ )する。直線偏光の条件( $S_3' = 0$ )から偏光板101の方位角度 $\theta'$ を求め、黒表示の輝度( $S_0''$ )を算出する。

このように、液晶層103のツイスト角度 $\phi$ 及びリターデーション $d\Delta n$ を最適化することにより、他の3つのパラメータをほぼ一義的に求めることができるのが本アルゴリズムの特長である。また、アルゴリズムの説明の中でも述べるが、位相板102の方位角 $\theta$ 及び偏光板101の方位角度 $\theta'$ は、アルゴリズムの便宜上電極上の液晶配向方向を基準にとった角度とする。したがって、このアルゴリズムで求められた位相板102の方位角 $\theta$ 及び偏光板101の方位角度 $\theta'$ は図1に定義した角度である位相板方位角109ならびに液晶配向角度112に適宜変換する必要がある。これは、以下の本発明の他の実施形態においても同様である。

#### 【0009】

以下、アルゴリズムについて詳述する。円偏光を液晶層103に入射すると、液晶層103からの出射光の電場ベクトルは、次式で表される。

【数 1】

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} J_{\infty} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、 $J_{\infty}$  はジョーンズ行列であり、次式で表される。

【数 2】

$$J_{\infty} = \begin{pmatrix} a & b \\ -b^* & a^* \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、

【数 3】

$$a = \cos \phi \cos \beta + \frac{1}{\sqrt{1+\alpha^2}} \sin \phi \sin \beta - \frac{i\alpha}{\sqrt{1+\alpha^2}} \cos \phi \sin \beta \quad (3)$$

【数 4】

$$b = -\sin \phi \cos \beta + \frac{1}{\sqrt{1+\alpha^2}} \cos \phi \sin \beta - \frac{i\alpha}{\sqrt{1+\alpha^2}} \sin \phi \sin \beta \quad (4)$$

【数 5】

$$\alpha = \frac{d \Delta n \pi}{\lambda \phi} \quad (5)$$

【数 6】

$$\beta = \phi \sqrt{1+\alpha^2} \quad (6)$$

ここで、 $\phi$  は液晶層 1 0 3 のツイスト角度、 $d$  は液晶層 1 0 3 のセルギャップ、 $\Delta n$  は液晶分子の屈折率異方性、 $\lambda$  は波長である。

式 (2) から式 (6) を用いて式 (1) を計算すると、次のようになる。

【数 7】

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} a+ib \\ -b^*+ia^* \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} e^{-i\phi} \left( \cos \beta + i \frac{\sin \beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \right) - e^{i\phi} \frac{i\alpha}{\sqrt{1+\alpha^2}} \sin \beta \\ -e^{i\phi} \left( \frac{\alpha}{\sqrt{1+\alpha^2}} \sin \beta + i \cos \beta \right) - e^{-i\phi} \frac{\sin \beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \end{pmatrix} \quad (7)$$

上式より液晶層 1 0 3 からの出射光のストークスパラメータを求めると、次式のようになる。

【数 8】

$$S_0 = 1 \quad (8)$$

【数 9】

$$S_1 = \frac{2\alpha \sin \beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \left( \sin 2\phi \cos \beta - \frac{\cos 2\phi \sin \beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \right) \quad (9)$$

【数 1 0】

$$S_2 = -\frac{2\alpha \sin \beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \left( \cos 2\phi \cos \beta + \frac{\sin 2\phi \sin \beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \right) \quad (10)$$

【数 1 1】

$$S_3 = \cos^2 \beta + \frac{1-\alpha^2}{1+\alpha^2} \sin^2 \beta \quad (11)$$

ポアンカレ球上の座標の  $S_1-S_2$  面上への射影が波長  $\lambda$  に対して直線になる条件は、液晶層 1 0 3 の各ツイスト角度  $\phi$  及びリターデーション  $d \Delta n$  において、

【数 1 2】

$$S_2 = pS_1 + q \quad (12)$$

を用いてフィッティングを行い、その自乗平均誤差を最小にする条件について、数値的に探索を行うことにより求めた。



位相板 102 の方位角  $\theta$  は、式 (12) の傾き  $p$  から次式のように求められる。

【数 13】

$$\theta = \frac{1}{2} \left( \tan^{-1} p + \frac{\pi}{2} \right) \quad (13)$$

ここで、 $\theta$  は反射電極 104 上の液晶分子の配向方向と位相板 102 の進相軸とのなす角度である。また、 $0 \leq \tan^{-1} p < \pi$  である。

位相板 102 からの出射光のストークスパラメータ  $S_0'$ ,  $S_1'$ ,  $S_2'$ ,  $S_3'$  は、次式のように求められる。

【数 14】

$$\begin{pmatrix} S_0' \\ S_1' \\ S_2' \\ S_3' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos^2 2\theta + \sin^2 2\theta \cos \Gamma & \sin 2\theta \cos 2\theta (1 - \cos \Gamma) & -\sin 2\theta \sin \Gamma \\ 0 & \sin 2\theta \cos 2\theta (1 - \cos \Gamma) & \sin^2 2\theta + \cos^2 2\theta \cos \Gamma & \cos 2\theta \sin \Gamma \\ 0 & \sin 2\theta \sin \Gamma & -\cos 2\theta \sin \Gamma & \cos \Gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix} \quad (14)$$

ここで、 $\Gamma$  は位相板 102 通過後の固有偏光間の位相差であり、位相板 102 の厚さ  $d_{PC}$  及び屈折率異方性  $\Delta n_{PC}$  を用いて、 $\Gamma = 2\pi d_{PC} \Delta n_{PC} / \lambda$  と表される。さらに、偏光板 101 通過後の光強度  $S_0''$  は、次式のように求められる。

【数 15】

$$S_0'' = \frac{1}{2} \left( S_0' + S_1' \cos 2\theta' + S_2' \sin 2\theta' \right) \quad (15)$$

ここで、 $\theta'$  は反射電極 104 上の液晶分子の配向方向と偏光板 101 の透過軸とのなす角度であり、ある波長  $\lambda$  に対し、次式のように求められる。

【数 16】

$$\theta' = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{S_2'(\lambda)}{S_1'(\lambda)} + \frac{\pi}{2} \quad (16)$$

また、位相板 102 のリターデーション  $d_{PC} \Delta n_{PC}$  は、 $S_3' = 0$  の条件から

次式で与えられる。

【数 1 7】

$$d_{PC} \Delta n_{PC} = \frac{\lambda}{\pi} \tan^{-1} \frac{S_3(\lambda)}{S_2(\lambda) \cos 2\theta - S_1(\lambda) \sin 2\theta} \quad (17)$$

以下の計算においては、光源として E 光源を用いた。位相板 1 0 2 にはポリカーボネートを用い、計算にはその物性値を用いた。

【0 0 1 0】

図 5 に、上記のアルゴリズムを用いて電圧 0 V r m s のときの反射率の計算結果を示す。この図 5 は、電圧 0 V r m s のときの等反射率曲線（反射率 0. 1 % , 0. 2 % , 0. 3 % , . . . ）を表している。先に述べたように、本アルゴリズムで独立に変動させるパラメータは、液晶層 1 0 3 のリターデーションとツイスト角度であるので、図 5 の横軸及び縦軸は夫々液晶層 1 0 3 のリターデーションとツイスト角度である。位相板 1 0 2 のリターデーションと、位相板 1 0 2 の方位角と、液晶配向角度については、夫々の条件ごとに最適化された値を用いている。

最も反射率の低くなる液晶セルの条件は、液晶層 1 0 3 のリターデーションが概ね 3 4 0 n m 以下であり、ツイスト角度が約 2 0 ° 以上でかつ 7 0 ° 以下である。液晶層 1 0 3 のリターデーションが 1 5 0 n m よりも小さい領域においても反射率が 0. 4 % 以下の条件が得られる。しかしながら、液晶層 1 0 3 のリターデーションの電圧変化量は、黒画像表示のときと白画像表示のときの差が最大で約 4 分の 1 波長の位相変化である。したがって、白画像表示の反射率を十分高くするために、液晶層 1 0 3 のリターデーションとして 4 分の 1 波長の位相変化に相当するリターデーション（波長 5 5 0 n m では 1 3 7. 5 n m）以上が必要である。実際には、電圧を液晶セルに印加しても全ての液晶分子が完全に電圧印加方向に揃うわけではないので、液晶層 1 0 3 のリターデーション値は 4 分の 1 波長よりは大きく、1 5 0 n m 以上は必要であると考えられる。したがって、液晶層 1 0 3 のリターデーションは 1 5 0 n m 以上でかつ 3 4 0 n m 以下が好適な条件と云える。

さらには、黒表示の反射率として 0. 1 % 以下が得られる条件がコントラスト比の観点からはより望ましく、液晶層 1 0 3 のリターデーションとして 1 5 0 nm 以上でかつ 3 2 5 nm 以下、ツイスト角度として 4 0 ° 以上でかつ 5 5 ° 以下がより好適な条件と云える。

#### 【0 0 1 1】

図 6 から図 9 に、代表的な液晶層 1 0 3 及び位相板 1 0 2 の条件、各光学素子の光学軸の相対角度について、それぞれツイスト 4 0 ° 4 5 ° 5 0 ° 5 5 ° の電圧－反射率を計算した結果を示す。何れの条件においても良好な白黒表示が得られることが分かる（印加電圧 0 V r m s －反射率 0 % のとき、黒表示）。

表 1（図 2 7）に、夫々のパラメータ条件（液晶層 1 0 3 のリターデーション、ツイスト角度、液晶配向角度、位相板 1 0 2 のリターデーション、位相板方位角度）を示す。同時にコントラスト比も示しておく。各代表的条件間の補間を行うことにより、容易に各代表的条件間の任意の条件を求めることが可能である。

#### 【0 0 1 2】

図 1 0 から図 1 3 に、図 6 から図 9 に示した電圧－反射率特性に沿って x－y 色度座標を計算した結果を示す。全体的な傾向として、白表示は概ね光源の色度と同等な色度に位置し、黒表示になるにつれ大きく色度変化する。これは青から紫方向に色度変化する結果である。また、一見黒表示側で色度変化量が多く思われるが、これは黒表示の反射率が低く、僅かな反射スペクトルの形状の波長依存性を反映した結果であり、各条件において十分なコントラスト比が得られていることから、何れの条件も画像表示には申し分ないと考えられる。白表示と黒表示の中間位置が中間階調になる。

さらに、黒表示における色度座標も光源の色度座標に十分近い位置にあればなおよい。具体的には、液晶層 1 0 3 のリターデーションが約 2 5 0 nm、ツイスト角度が約 5 0 度、液晶配向角度が約－2 6 度、位相板 1 0 2 のリターデーションが約 3 7 9 nm、位相板方位角度が約 7 6 度である（図 1 2）。これらの値は中心値を示しており、ある程度の変動幅を有する値である。

#### 【0 0 1 3】

図 1 において、便宜的に各光学素子を四角形で現したが、これは例えば基板に

対する偏光板の透過軸方向等を規定するものではない。各光学素子の光学軸の相対的な角度の関係を定義するものである、基板に対する各光学素子の光学軸の角度は、反射型カラー液晶表示装置の使用方法和視野角特性との関係から最適な角度が決定される。ここでいう視野角特性とは、反射型カラー液晶表示装置の表示面の法線方向から表示画像を見たときの特性を基準としたときの各表示特性（輝度、コントラスト比等）における表示面の法線方向からずれた方向から見たときの特性変化の角度依存性である。

第 1 の実施形態における反射型カラー液晶表示装置の電圧に対する反射率の特性は、低電圧側で黒画像表示を行い、高電圧側のある電圧において白画像表示を行うノーマリブラック型である。

#### 【0014】

図 3 は、図 2 の反射型カラー液晶表示装置に示す凹凸反射電極 1 0 4 a に代えて散乱板 1 2 3 を位相板 1 0 2 とガラス基板 1 2 0 との間に配置する断面図を示す。ここで、反射電極 1 0 4 の表面は平坦形状をなす。

なお、散乱板 1 2 3 の配置はこれに限定されることはなく、例えば偏光板 1 0 1 と位相板 1 0 2 との間に配置してもよい。また、偏光板 1 0 1 ないし位相板 1 0 2 自体が散乱性を持つ部材を用いてもよい。また、散乱板 1 2 3 は偏光板 1 0 1 ないし位相板 1 0 2 の接着剤を兼ねてもよい。

また、図 2 及び図 3 においては、カラーフィルタ 1 2 1 はガラス基板 1 2 0 側に設けてあるが、アクティブマトリクス基板 1 2 2 側に設けてもよい。

#### 【0015】

図 1 4 は、本発明の第 2 の実施形態であり、反射型カラー液晶表示装置を構成する各光学素子における光学軸の相対関係ならびに光学特性を決定するパラメータについて説明する。

本実施形態の第 1 の実施形態との相違点は、第 1 の実施形態の表示方式がノーマリブラックであるのに対し、ノーマリホワイトであることである。

無彩色白表示を実現するためには、反射電極 1 0 4 上で全波長光が直線偏光にできる限り近い状態になっていることが必要である。つまり、反射電極 1 0 4 と偏光板 1 0 1 の間の光学条件が位相差 0 ないし理想的な  $1/2$  波長板であればよ

い。また、位相変調の波長依存性を小さく抑えるためには旋光性を利用するのが有効である。したがって、反射電極 104 上の直線偏光の偏光方向と反射電極 104 上の液晶分子の配向方向は平行ないし直行した状態を仮定する。

以下では、反射電極 104 上の直線偏光の偏光方向と反射電極 104 上の液晶分子の配向方向が平行である場合について述べる。

### 【0016】

図 15 に、無彩色白表示条件の最適化アルゴリズムのフローチャートを示す。無彩色白表示条件の最適化アルゴリズムの、無彩色黒表示のそれからの変更点は、1) 反射電極上円偏光 ( $S_3 = -1$ )  $\rightarrow$  直線偏光 ( $(S_1, S_2, S_3) = (1, 0, 0)$ )、2) 直線  $S_2 = p S_1 + q$  でフィッティング  $\rightarrow S_2 = p (S_1 + 1)$  でフィッティングの 2 点である。 $S_2 = p (S_1 + 1)$  でフィッティングするのは、位相板 102 通過後の偏光状態を  $(S_1', S_2', S_3') = (-1, 0, 0)$  とするためである。

以下、アルゴリズムについて詳述する。直線偏光を液晶層 103 に入射すると、液晶層 103 からの出射光の電場ベクトルは、次式で表される。

### 【数 18】

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = J_\infty \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ -b^* & a^* \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ -b^* \end{pmatrix} \quad (18)$$

式 (2) から式 (6) を用いて式 (18) を計算し、液晶層 103 からの出射光のストークスパラメータを求めると、次式のようなになる。ただし、これらは反射電極 104 上において  $(S_1, S_2, S_3) = (1, 0, 0)$  としたときの表式である。

### 【数 19】

$$S_0 = 1 \quad (19)$$

### 【数 20】

$$S_1 = \frac{1}{1+\alpha^2} \cos 2\phi (\alpha^2 + \cos 2\beta) + \frac{\sin 2\phi \sin 2\beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \quad (20)$$

【数 2 1】

$$S_2 = \frac{1}{1+\alpha^2} \sin 2\phi (\alpha^2 + \cos 2\beta) - \frac{\cos 2\phi \sin 2\beta}{\sqrt{1+\alpha^2}} \quad (21)$$

【数 2 2】

$$S_3 = \frac{2\alpha}{1+\alpha^2} \sin^2 \beta \quad (22)$$

液晶層 1 0 3 及び位相板 1 0 2 全体で位相差  $1/2$  波長である場合、位相板 1 0 2 通過後のストークスパラメータは  $(S_1, S_2, S_3) = (-1, 0, 0)$  である。この条件を満たすためには、液晶層 1 0 3 通過後のストークスパラメータの  $S_1-S_2$  面上への射影が次式で表される直線上にあればよい。

【数 2 3】

$$S_2 = p(S_1 + 1) \quad (23)$$

さらに、先の黒表示条件の計算と同様に最小自乗誤差を最小にする液晶層 1 0 3 のツイスト角度  $\phi$  及びリターデーション  $d \Delta n$  を求めた。位相板 1 0 2 の視角は、式 (2 3) の傾き  $p$  及び式 (1 3) によって求められる。偏光板 1 0 1 通過後の光強度は式 (1 4) 及び式 (1 5) により得られる。ただし、反射電極 1 0 4 上の液晶分子の配向方向と偏光板 1 0 1 の透過軸とのなす角度である  $\theta'$  は、 $\theta' = 0$  ないし  $\theta' = \pi/2$  ある。

以下の計算においては、光源として E 光源を用いた。位相板 1 0 2 にはポリカーボネートを用い、計算にはその物性値を用いた。

【0 0 1 7】

図 1 6 から図 1 9 に、代表的な液晶層 1 0 3 及び位相板 1 0 2 の条件、各光学素子の光学軸の相対角度について、それぞれツイスト  $50^\circ$   $55^\circ$   $60^\circ$   $65^\circ$  の電圧-反射率を計算した結果を示す。何れの条件においても良好な白黒表示が得られることが分かる（印加電圧  $0 \text{ V r m s}$  - 反射率  $100\%$  のとき、白表示）。

表 2（図 2 8）に、夫々のパラメータ条件（液晶層 1 0 3 のリターデーション

、ツイスト角度、位相板 1 0 2 のリターデーション、位相板方位角度)を示す。同時にコントラスト比も示しておく。各代表的条件間の補間を行うことにより、容易に各代表的条件間の任意の条件を求めることが可能である。

【0 0 1 8】

特に、高いコントラスト比が実現できる条件は、ツイスト角度 5 5 度から 6 0 度である。図 2 0 及び図 2 1 に、図 1 7 及び図 1 8 に示した電圧－反射率特性に沿って x－y 色度座標を計算した結果を示す。液晶層 1 0 3 のリターデーションが約 4 0 0 n m、ツイスト角度が約 5 5 度から約 6 0 度、液晶配向角度が約 7 3 度から約 7 4 度、位相板 1 0 2 のリターデーションが約 1 6 2 から 1 9 6 n m、位相板方位角度が約 7 3 度から 7 4 度である。これらの値は中心値を示しており、ある程度の変動幅を有する値である。

【0 0 1 9】

図 2 2 は、本発明の第 3 の実施形態であり、反射型カラー液晶表示装置を構成する各光学素子における光学軸の相対関係を示す。本実施形態を適用する反射型カラー液晶表示装置は、図 2 の反射型カラー液晶表示装置と比べて、偏光板 1 0 4 の代わりに偏光ビームスプリッタ 1 3 1 を用いた点で相違する。用途としては、液晶プロジェクタが挙げられる。

図示されていない光源からの入射光 1 0 5 のうち、一方の偏光成分 1 3 4 のみが偏光ビームスプリッタ 1 3 1 を通過し、他方の偏光成分はプリズムの合せ面で反射されて位相板 1 0 2 へは到達しない。偏光成分 1 3 4 は位相板 1 0 2 及び液晶層 1 0 3 によって位相変調され、反射電極 1 0 4 で反射され、再び液晶層 1 0 3 及び位相板 1 0 2 を通過して偏光ビームスプリッタ 1 3 1 に到達する。このときの偏光状態によって偏光ビームスプリッタ 1 3 1 を通過して光源への戻り光 1 3 2 あるいは図示されていないスクリーンへの投写光 1 3 3 となる。殆ど全ての光が光源への戻り光 1 3 2 になったときが黒画像表示であり、殆ど全ての光がスクリーンへの投写光 1 3 3 となった場合が白画像表示である。したがって、位相板 1 0 2 及び液晶層 1 0 3 のパラメータ条件を第 2 の実施形態と同様にした場合には、ノーマリホワイトの表示方式となる。

## 【 0 0 2 0 】

図 2 3 に、本発明の液晶プロジェクタ用のライトバルブの実施形態の断面図を示す。偏光ビームスプリッタは省略する。本実施形態は、アクティブマトリクス基板 1 2 2 として単結晶シリコン基板を用いる。アクティブマトリクス基板 1 2 2 は、n 型基板 1 4 1 上に p 型井戸 1 4 2 を形成し、その上に MOS (Metal Oxide Semiconductor) トランジスタ 1 4 3 と、保持容量 1 4 4 を形成する。各トランジスタ間の配線や絶縁膜等をさらに積層し、最上層に反射電極 1 0 4 とその保護膜 1 4 6 を形成する。透明電極 1 4 8 を備えたガラス基板 1 2 0 とアクティブマトリクス基板 1 2 2 との間に液晶層 1 0 3 を封止する。液晶層 1 0 3 の厚みを一定に保つために支柱 1 4 7 を設ける。プロジェクタ用ライトバルブは高強度光にさらされるため、光が MOS トランジスタ 1 4 3 の領域に侵入しないように遮光層 1 5 3 を設ける。ガラス基板 1 2 0 の上面に位相板 1 0 2 を貼付する。

本実施形態により、あらゆる階調において無彩色な画像表示が可能となり、色再現性の高い液晶プロジェクタを実現できる。

## 【 0 0 2 1 】

カラー画像表示を行う方式として、以上に述べたカラーフィルタを並置して用いるカラー画像表示方式の他に、時分割で RGB (Red, Green, Blue) の画像を表示することによるカラー画像表示方式 (フィールドシーケンシャル方式) がある。フィールドシーケンシャル方式の利点は、一つの画素で RGB の各色画像を表示するため、画素数はカラーフィルタ並置方式の場合の 3 分の 1 でよいことが挙げられる。また、同じ精細度の画像を表示した場合、フィールドシーケンシャル単板方式の方がカラーフィルタ並置方式に比べて画素毎の色ずれがないため、高精細画像として知覚される。

フィールドシーケンシャル単板方式の場合も、一つのパネルでフルカラー表示する上で色再現を忠実に行うためには、三原色毎の反射率の電圧依存性が揃っている必要がある。言い換えれば、色度変化の電圧依存性が小さい必要がある。

本発明の反射型カラー液晶表示モードは、色度変化の電圧依存性が小さいため、フィールドシーケンシャル単板方式の液晶ディスプレイに最適な液晶表示方式



である。したがって、本発明の反射型カラー液晶表示モードをフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置に適用することにより、色再現性の高い反射型カラー液晶表示装置を実現することが可能である。

以下、本発明によるフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の 3 つの実施形態について述べる。何れもこの特長を備える。反射型カラー液晶表示装置の表示方式としては、先に述べた反射型カラー液晶表示装置表面に偏光板を貼付する方式、あるいは、偏光ビームスプリッタ等を用いるクロスニコルの偏光光学配置を用いた方式の何れを用いてもよい。

本実施形態の反射型カラー液晶表示装置は、ヘッドマウントディスプレイないしフェイスマウントディスプレイに適用することができる。

#### 【 0 0 2 2 】

図 2 4 は、本発明によるフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の第一の実施形態を示す。本実施形態の反射型カラー液晶表示装置は、光源 2 0 5、拡散素子 2 0 4、偏光板 1 0 1 及び位相板 1 0 2 を貼付した反射型液晶パネル 2 0 3、レンズ 2 0 2 等から構成する。

本実施形態の反射型カラー液晶表示装置は、光源 2 0 5 からの光を拡散素子 2 0 4 によって拡散し、偏光板 1 0 1 及び位相板 1 0 2 を介して反射型液晶パネル 2 0 3 に照射し、この反射型液晶パネル 2 0 3 によって変調された光を観測者 2 0 1 がレンズ 2 0 2 を介して画像として視認する方式のディスプレイである。

光源 2 0 5 には、R G B の各 3 原色に対応する発光ダイオードを用い、各色画像の表示に同期して順次点灯するように構成する。拡散素子 2 0 4 としては例えばホログラフィックスクリーンやビーズスクリーンが適当である。

なお、本実施形態においては、R G B には各 3 原色について独立な発光ダイオードを 3 つ組み合わせた構成としたが、3 つの発光ダイオードを 1 つのパッケージに一体化したものをを用いてもよい。

#### 【 0 0 2 3 】

図 2 5 は、本発明によるフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の第二の実施形態を示す。本実施形態の第一の実施形態との相違点は、偏光板 1 0 1 の代わりに偏光ビームスプリッタ 1 3 1 を用いた点である。フィ

ールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の第一の実施形態においては不要反射光であり、コントラスト比を低下させる原因であった位相板 102 の表面反射光は、本実施形態においては偏光ビームスプリッタ 131 によって光源 205 方向に戻され、観測者 201 には視認されないので、高コントラスト比を実現することができる。また、フィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の第一の実施形態においては偏光板 101 の表面反射光もコントラスト比低下の原因となるが、本実施形態においては偏光板 101 の代わりに偏光ビームスプリッタ 131 を用いているために、この問題も無い。

#### 【0024】

図 26 は、本発明によるフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の第三の実施形態を示す。本実施形態は、発光ダイオードを用いた光源 205 からの光を拡散素子 204 及び偏光ビームスプリッタ 131 を介して位相板 102 を貼付した反射型液晶パネル 203 に照射し、反射型液晶パネル 203 によって変調された光はレンズ 202 を介してスクリーン 207 上に画像 206 として投写される。この画像 206 を観測者 201 が視認する。本実施形態の利点は、液晶ディスプレイパネルを含む光学系をコンパクトに構成できることである。

なお、本実施形態においては、光源 205 として発光ダイオードを用いたが、レーザダイオードを用いることも可能である。レーザダイオードからの出射光は偏光しており、光利用効率を高める効果がある。

#### 【0025】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、液晶層のツイスト角度及びリターデーションを最適化することにより、他の 3 つの液晶配向角度、位相板のリターデーション、位相板方位角度のパラメータをほぼ一義的にかつ自動的に求めることができる。

また、白表示時及び黒表示時の無彩色化に加えて、中間調表示時の無彩色化も同時に実現でき、色再現性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態であり、反射型カラー液晶表示装置を構成する各光学素子における光学軸の相対関係ならびに光学特性を決定するパラメータについての説明図

【図 2】

本発明を適用する反射型カラー液晶表示装置の断面図

【図 3】

本発明を適用する反射型カラー液晶表示装置を一部変更した断面図

【図 4】

本発明の無彩色黒表示条件の最適化アルゴリズムのフローチャート

【図 5】

本発明による電圧  $0\text{ V}_{\text{rms}}$  のときの反射率の計算結果を示す図

【図 6】

本発明によるツイスト角度  $40^\circ$  のときの電圧－反射率特性図

【図 7】

本発明によるツイスト角度  $45^\circ$  のときの電圧－反射率特性図

【図 8】

本発明によるツイスト角度  $50^\circ$  のときの電圧－反射率特性図

【図 9】

本発明によるツイスト角度  $55^\circ$  のときの電圧－反射率特性図

【図 10】

本発明によるツイスト角度  $40^\circ$  のときの色度の電圧依存性を示す図

【図 11】

本発明によるツイスト角度  $45^\circ$  のときの色度の電圧依存性を示す図

【図 12】

本発明によるツイスト角度  $50^\circ$  のときの色度の電圧依存性を示す図

【図 13】

本発明によるツイスト角度  $55^\circ$  のときの色度の電圧依存性を示す図

【図 1 4】

本発明の第 2 の実施形態であり、反射型カラー液晶表示装置を構成する各光学素子における光学軸の相対関係ならびに光学特性を決定するパラメータについての説明図

【図 1 5】

本発明の無彩色白表示条件の最適化アルゴリズムのフローチャート

【図 1 6】

本発明によるツイスト角度 5 0 度のときの電圧－反射率特性図

【図 1 7】

本発明によるツイスト角度 5 5 度のときの電圧－反射率特性図

【図 1 8】

本発明によるツイスト角度 6 0 度のときの電圧－反射率特性図

【図 1 9】

本発明によるツイスト角度 6 5 度のときの電圧－反射率特性図

【図 2 0】

本発明によるツイスト角度 5 5 度のときの色度の電圧依存性を示す図

【図 2 1】

本発明によるツイスト角度 6 0 度のときの色度の電圧依存性を示す図

【図 2 2】

本発明の第 3 の実施形態であり、反射型カラー液晶表示装置を構成する各光学素子における光学軸の相対関係についての説明図

【図 2 3】

本発明の液晶プロジェクタ用のライトバルブの実施形態の断面図

【図 2 4】

本発明によるフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の第一の実施形態

【図 2 5】

本発明によるフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置の第二の実施形態

【図 26】

本発明によるフィールドシーケンシャル単板方式の反射型カラー液晶表示装置  
の第三の実施形態

【図 27】

表 1 の図

【図 28】

表 2 の図

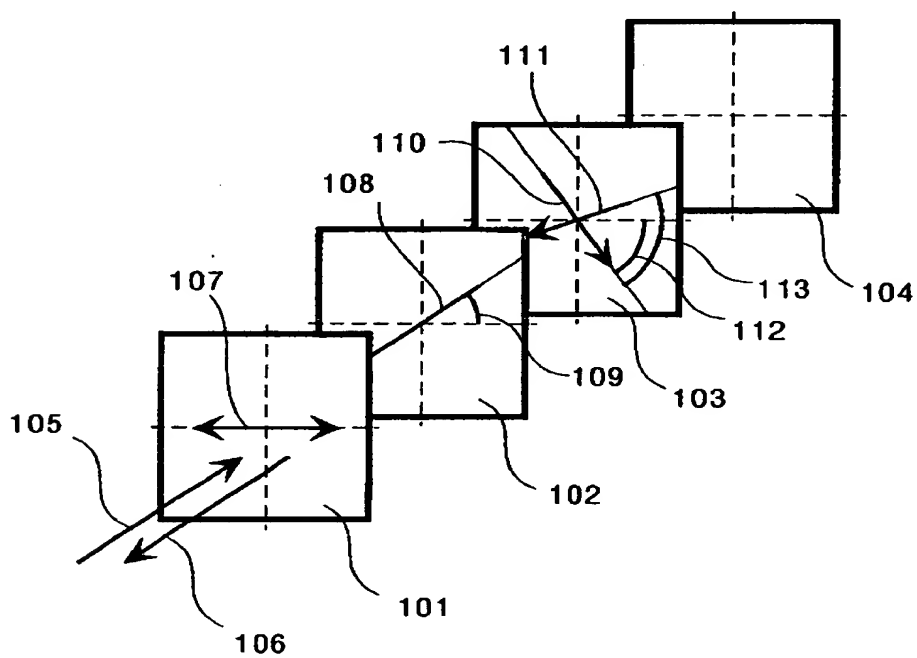
【符号の説明】

101…偏光板, 102…位相板, 103…液晶層, 104…反射電極, 104  
a…凹凸反射電極, 104 b…鏡面反射電極, 105…入射光, 106…反射光  
, 107…透過軸, 108…遅相軸, 109…位相板方位角度, 110…上側液  
晶配向方向, 111…下側液晶配向方向, 112…液晶配向角度, 113…ツイ  
スト角度, 120…ガラス基板, 121…カラーフィルタ, 122…アクティブ  
マトリクス基板, 123…拡散板, 131…偏光ビームスプリッタ, 132…光  
源への戻り光, 133…スクリーンへの投写光, 134…偏光成分, 141…n  
型基板, 142…p型井戸, 143…MOSトランジスタ, 144…保持容量,  
146…保護膜, 147…支柱, 148…透明電極, 153…遮光層  
202…レンズ, 203…反射型液晶パネル, 204…拡散素子, 205…光源  
, 207…スクリーン

【書類名】 図面

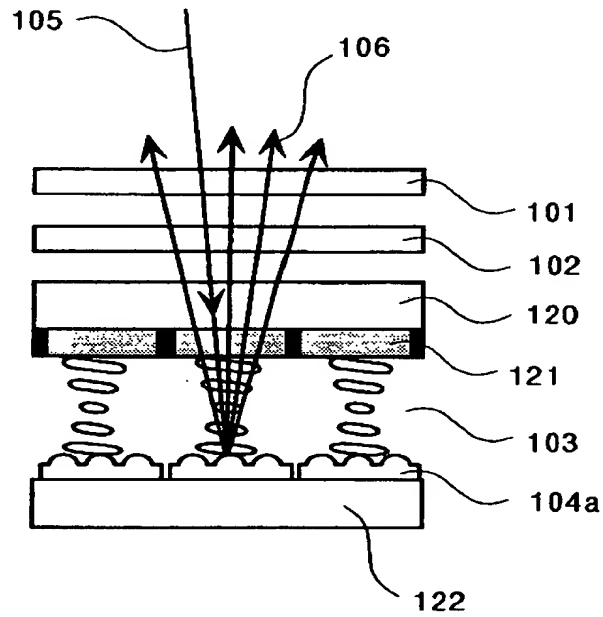
【図 1】

図 1



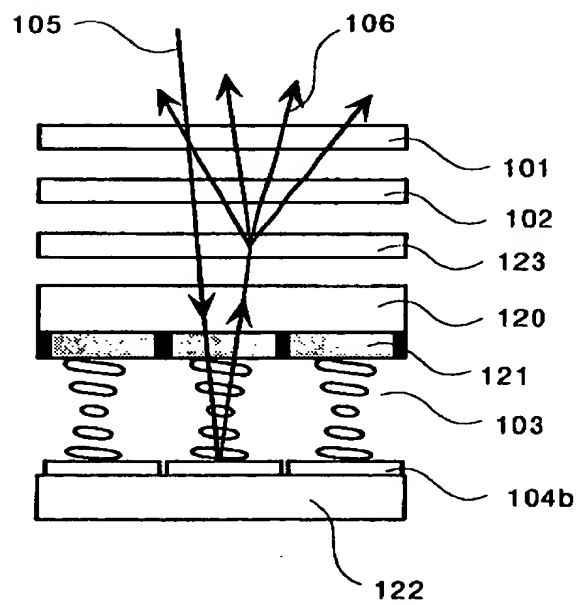
【図 2】

図 2



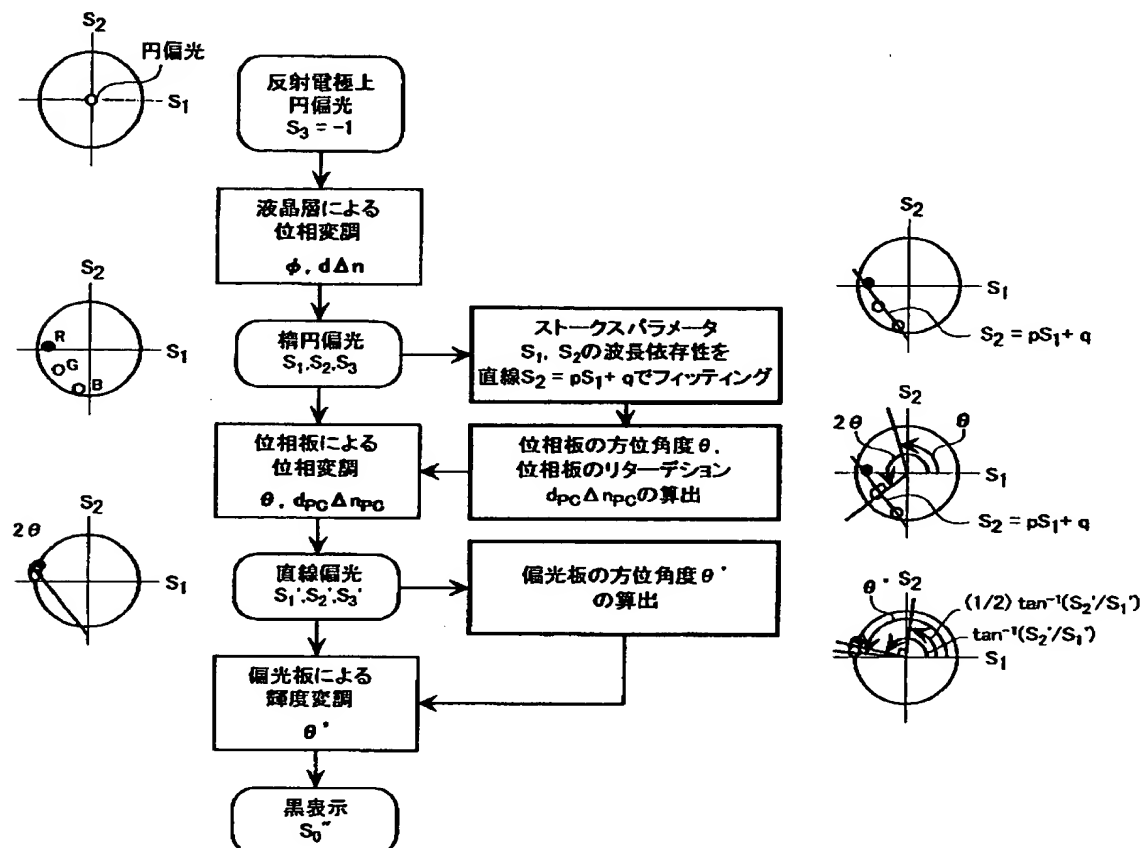
【図 3】

図 3



【図 4】

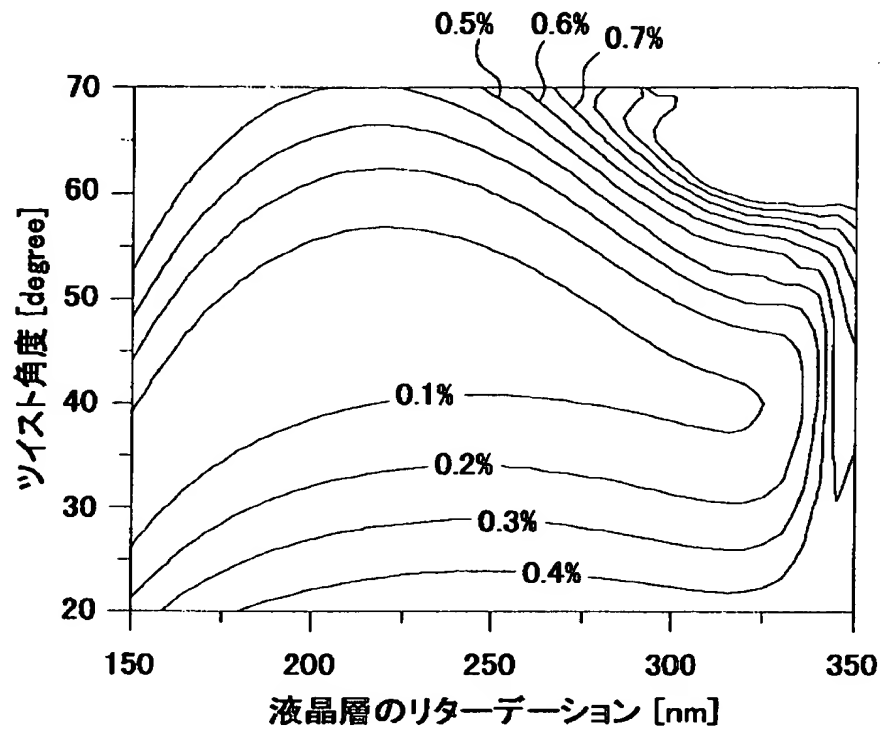
図 4





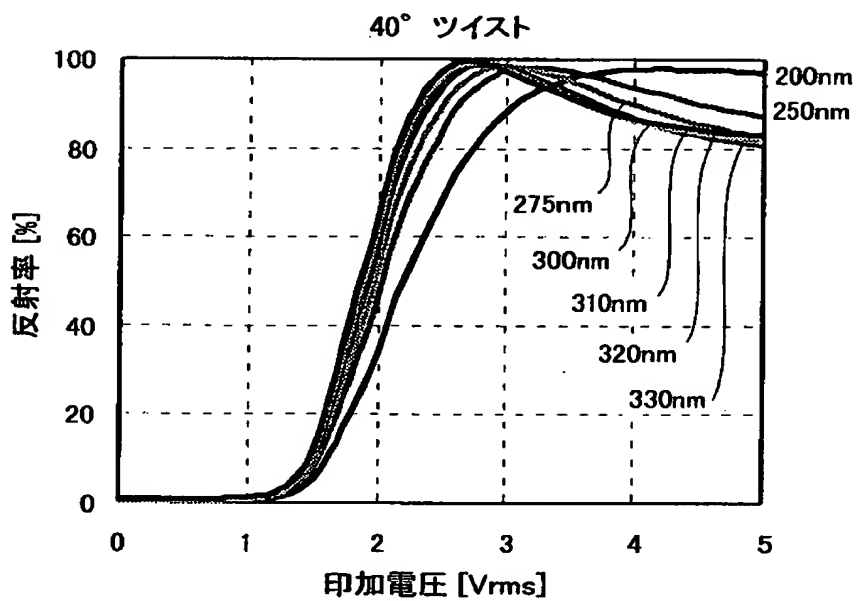
【図 5】

図 5



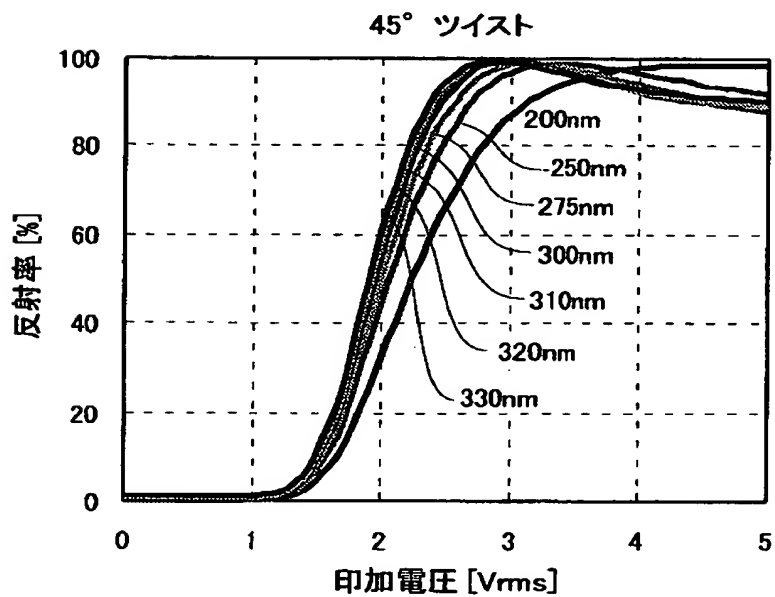
【図 6】

図 6

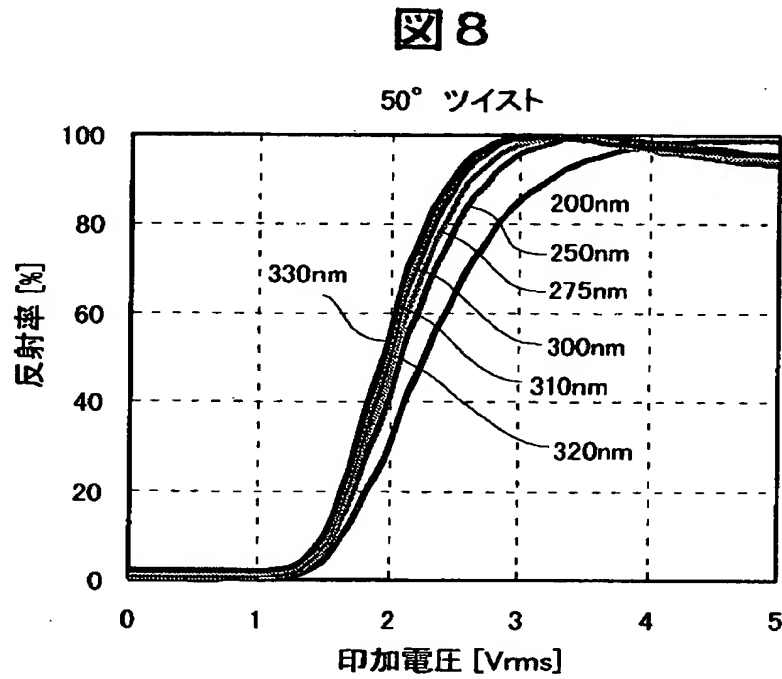


【図 7】

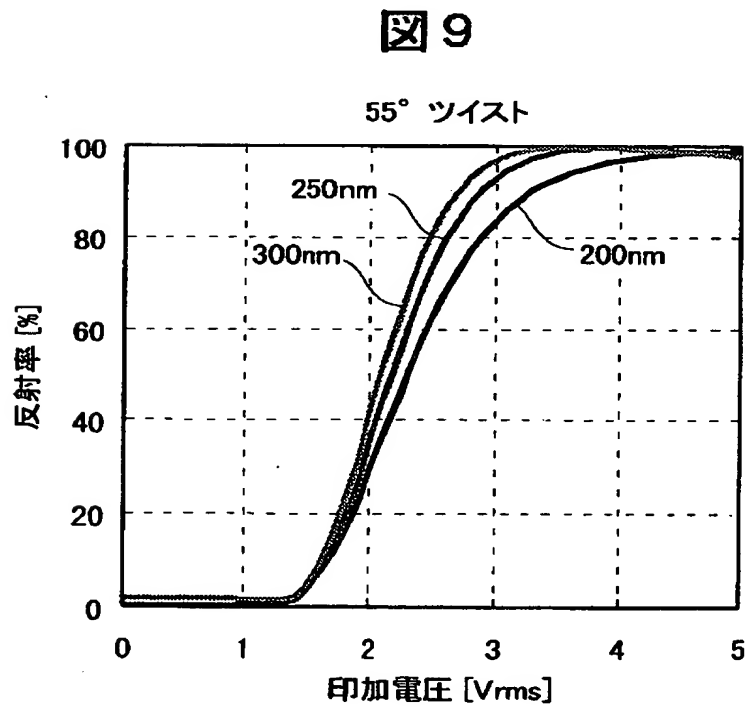
図 7



【図 8】



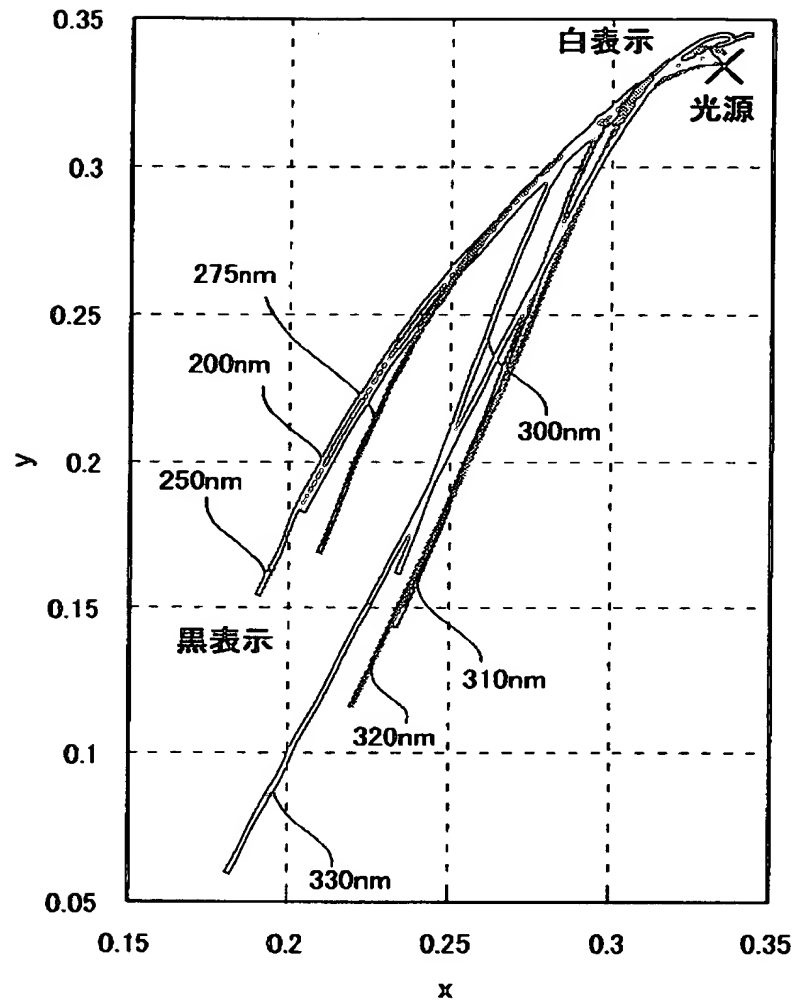
【図 9】



【図 10】

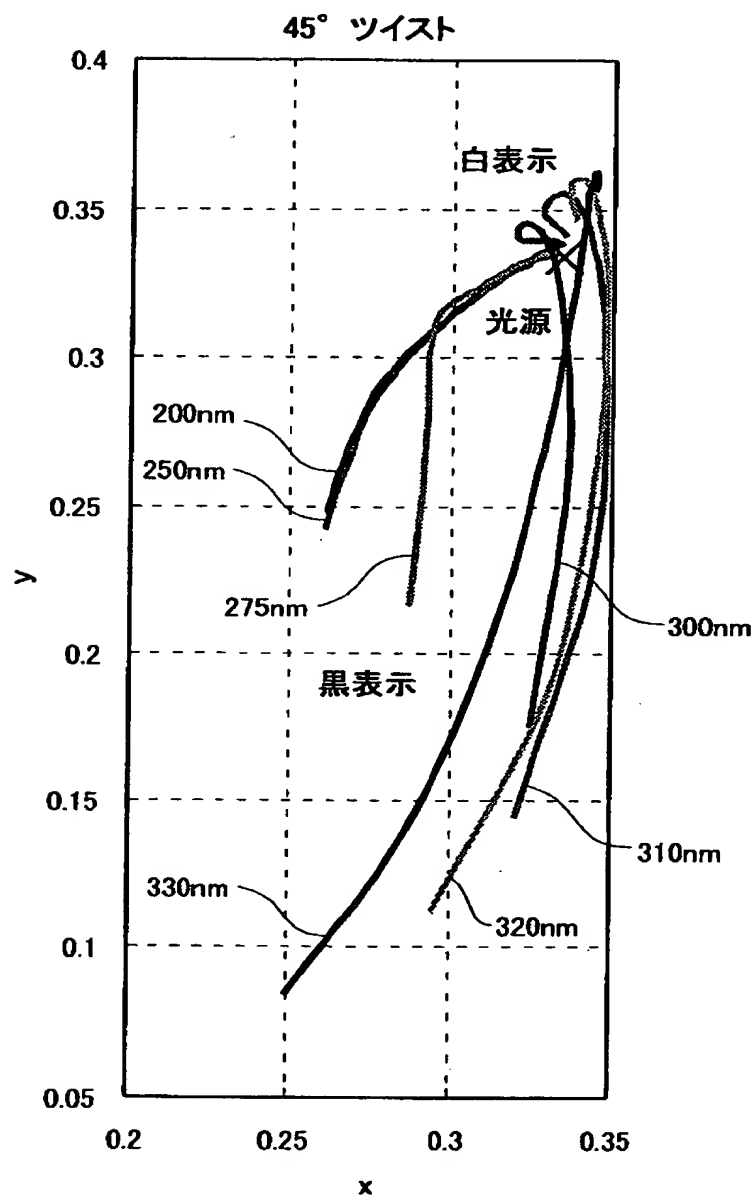
図 10

40° ツイスト



【図 11】

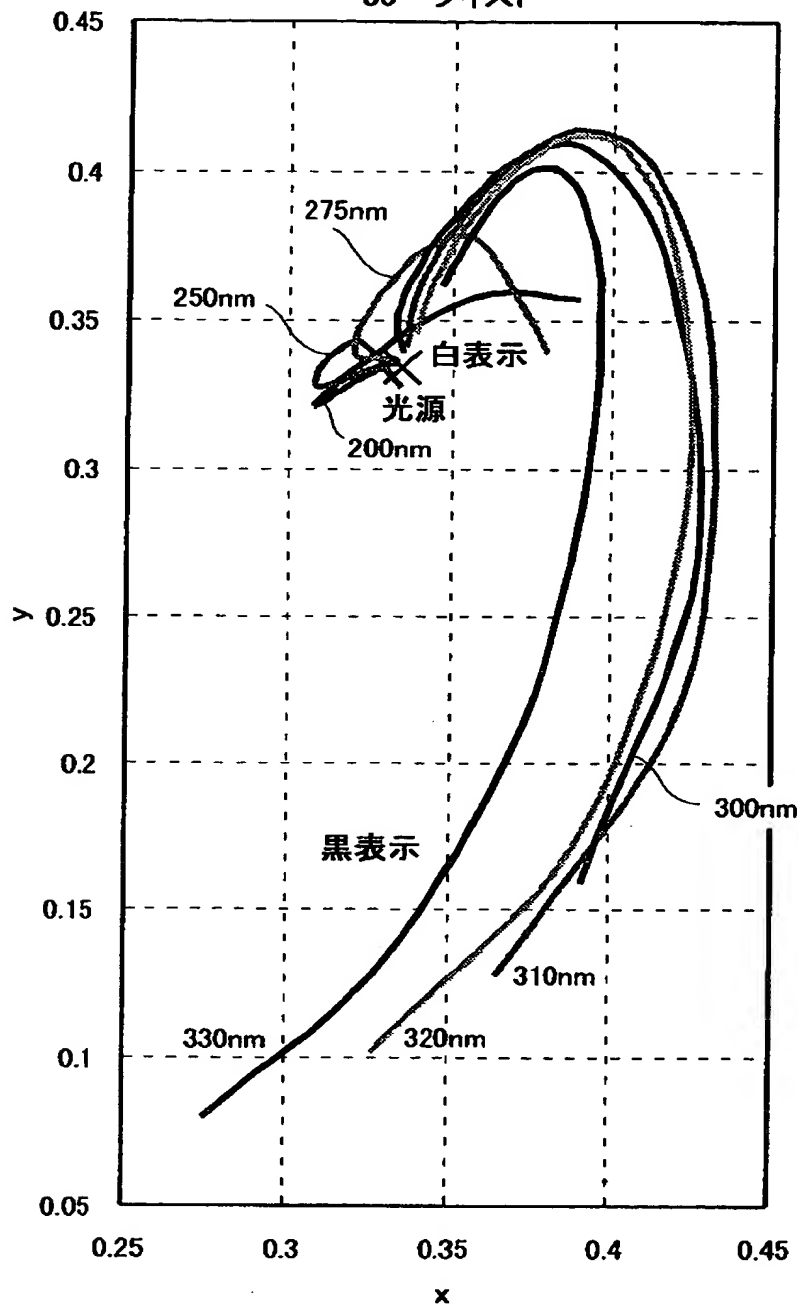
図 11



【図 12】

図 12

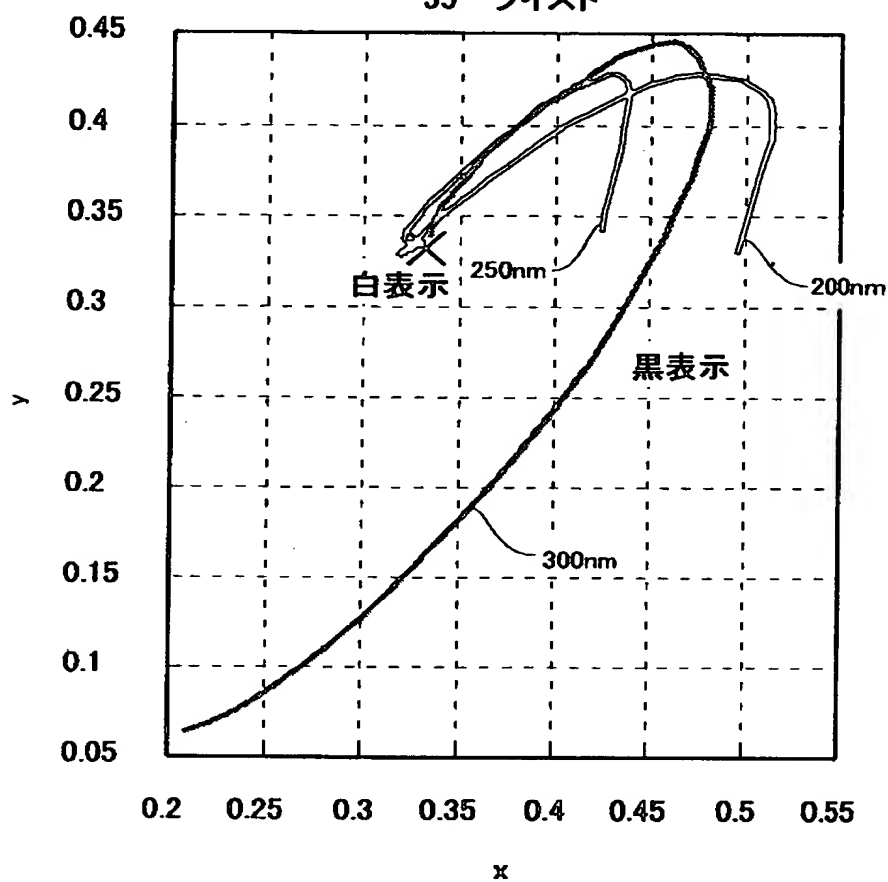
50° ツイスト



【図 1 3】

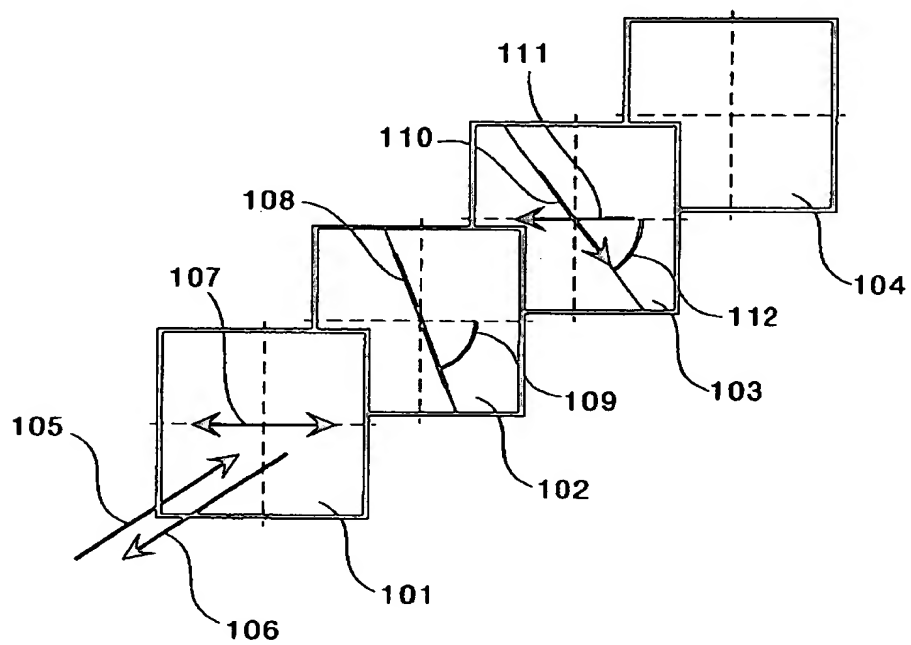
図 1 3

55° ツイスト



【図 1 4】

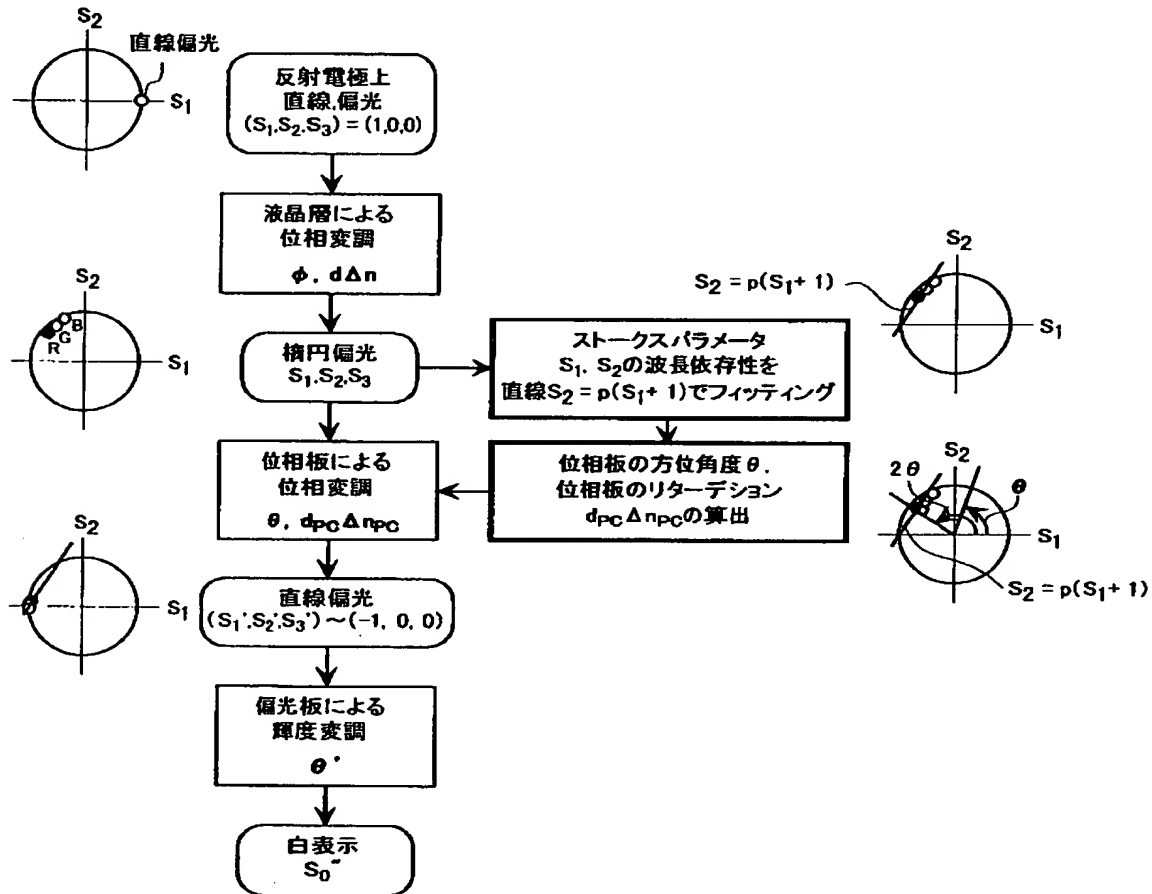
図 1 4





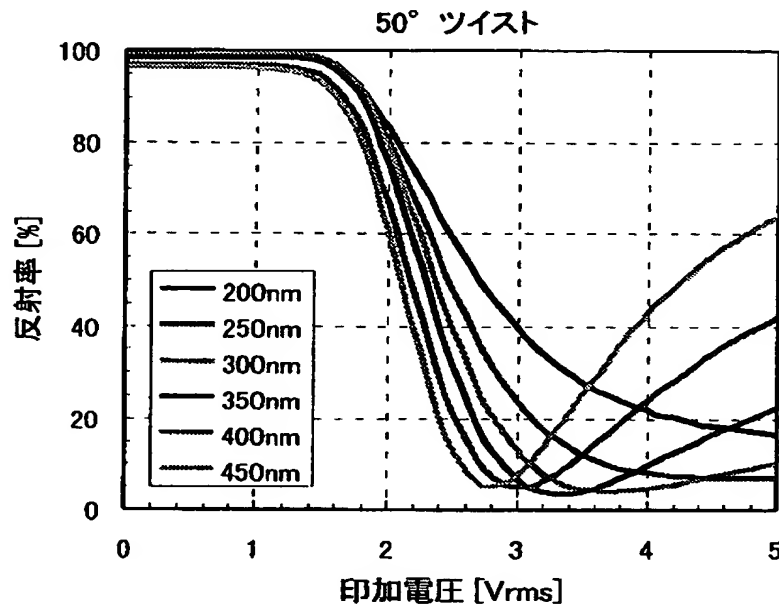
【図 15】

図 15



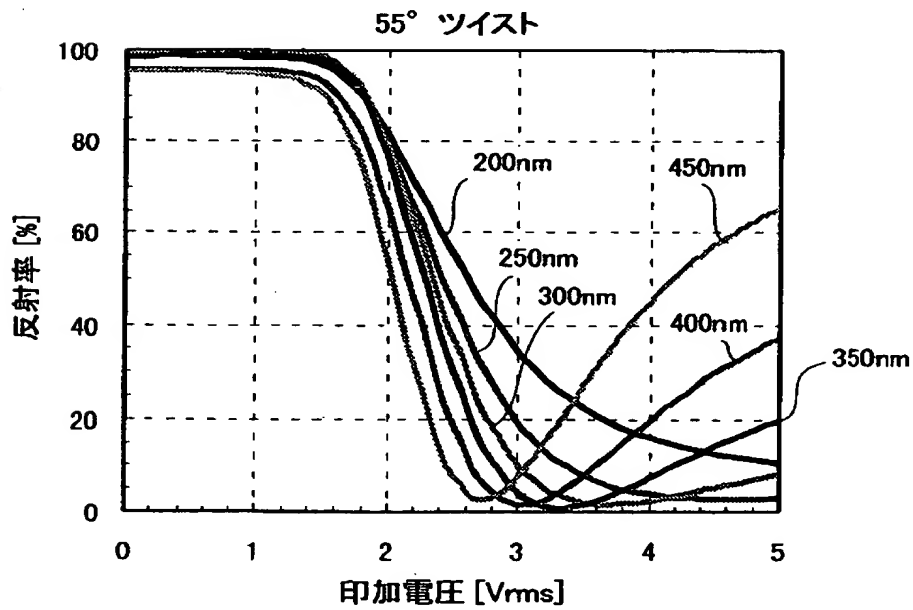
【図 16】

図 16



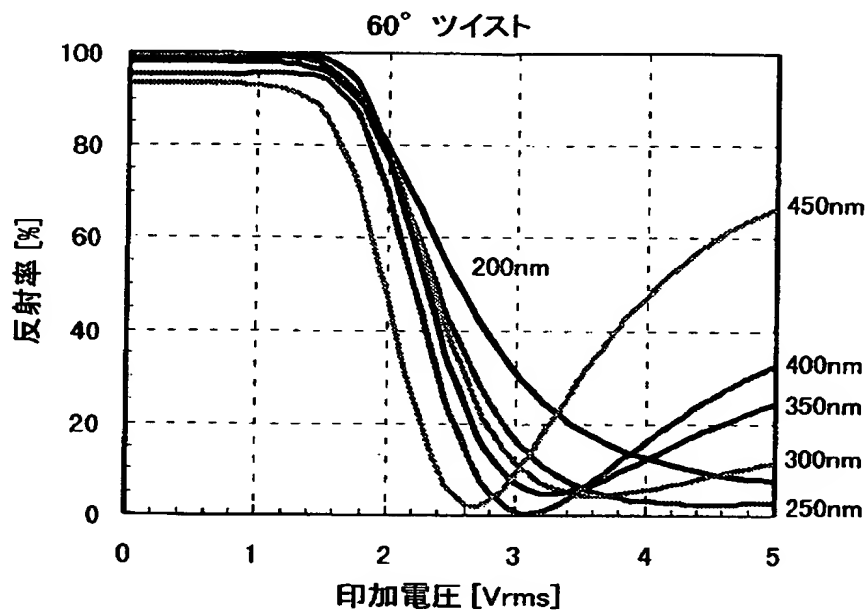
【図 17】

図 17



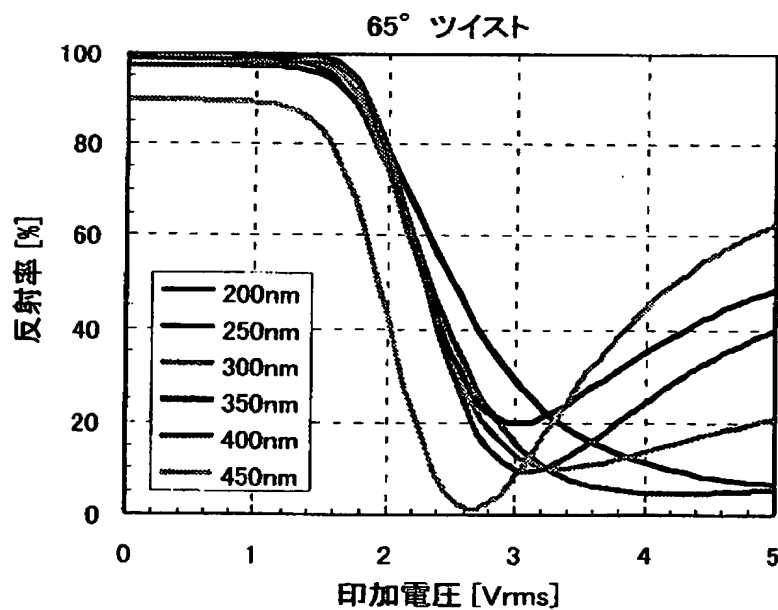
【図 18】

図 18



【図 19】

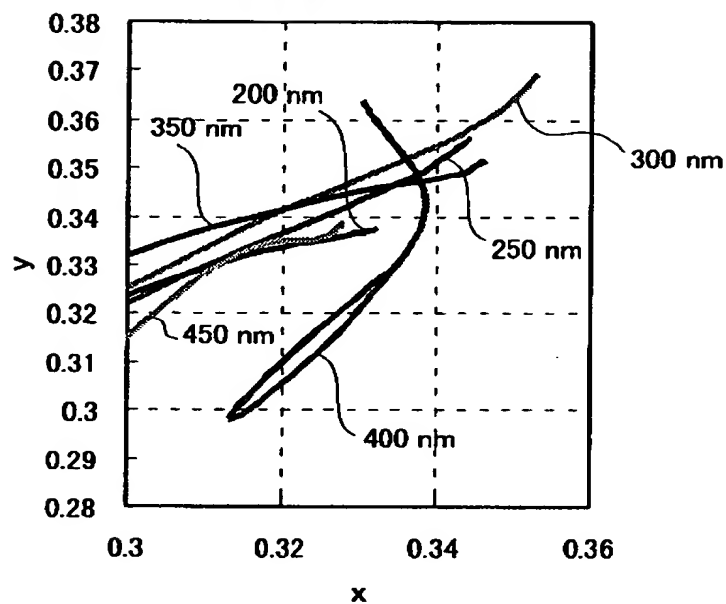
図 19



【図 2 0】

図 2 0

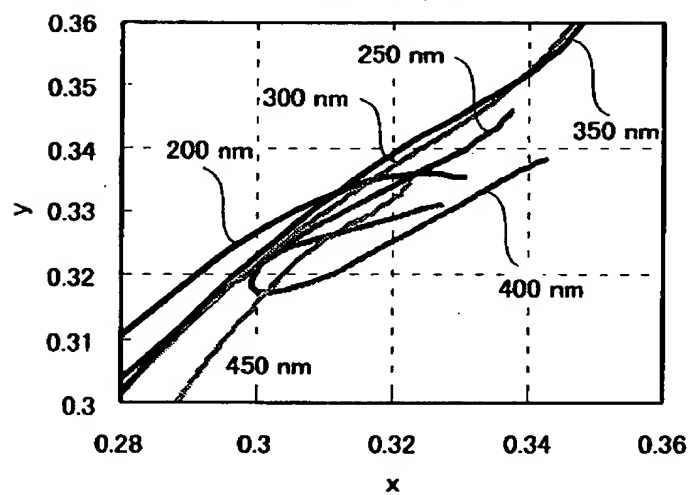
55° ツイスト



【図 2 1】

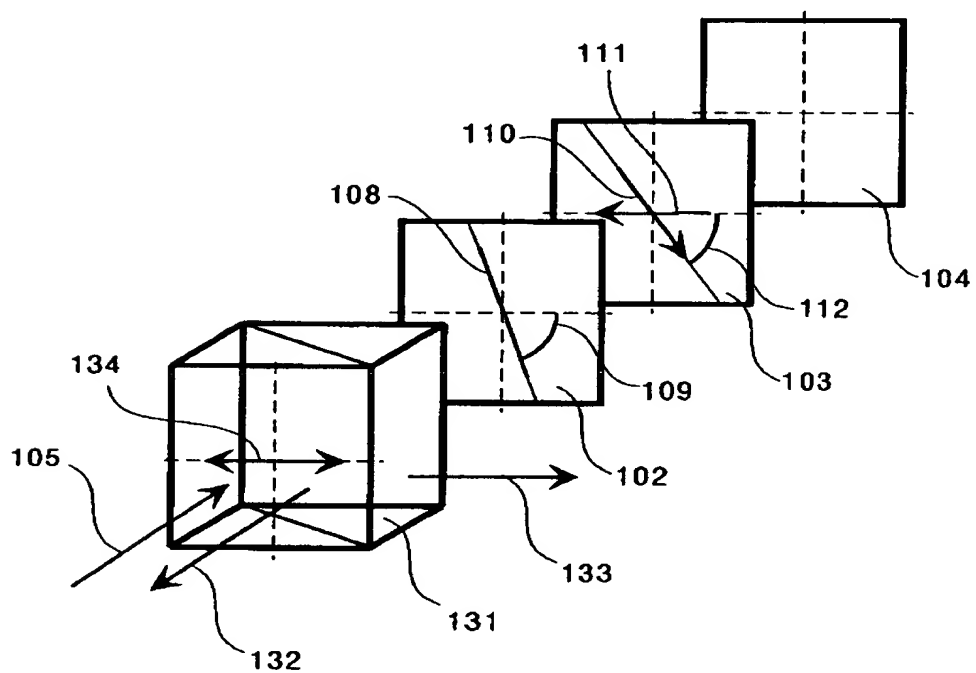
図 2 1

60° ツイスト



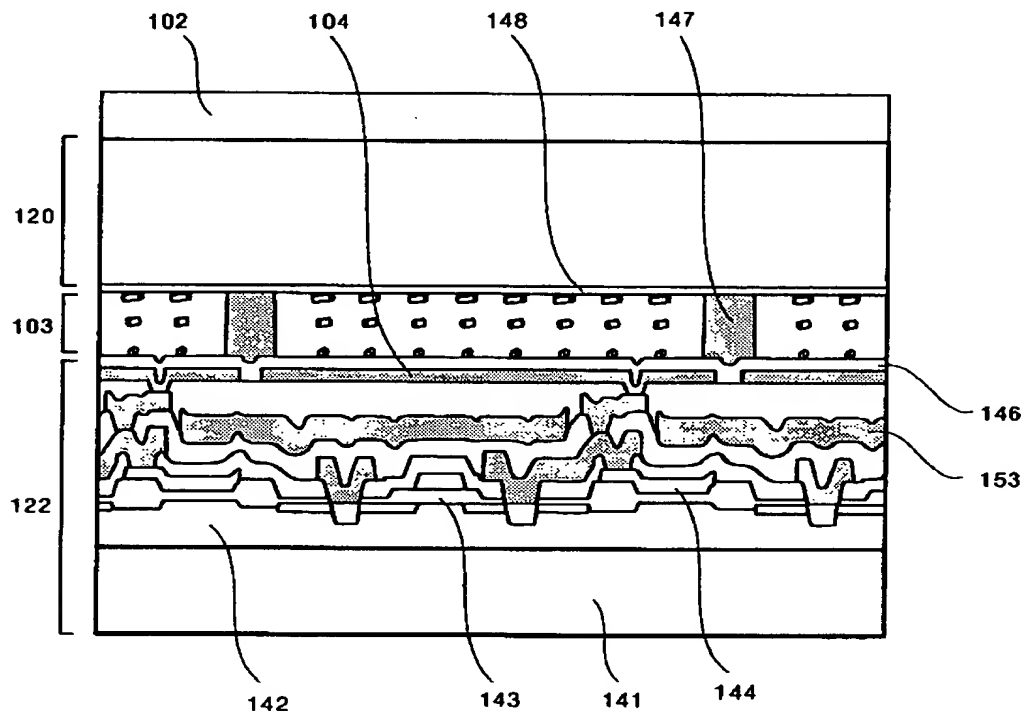
【図 2 2】

図 2 2



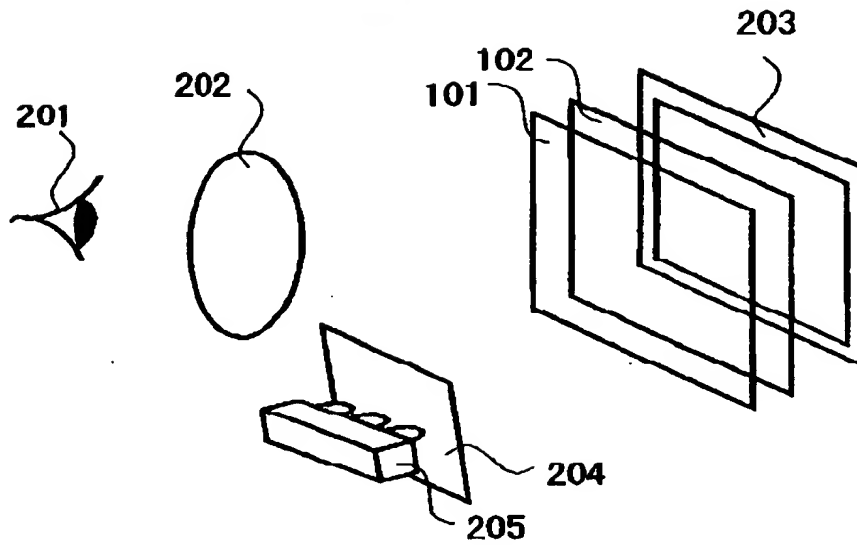
【図 2 3】

図 2 3



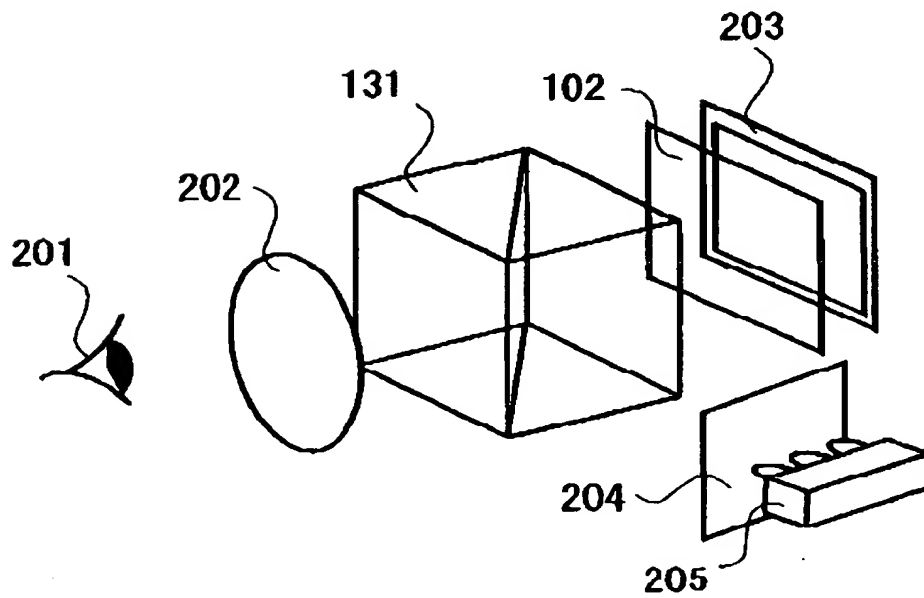
【図 2 4】

図 2 4



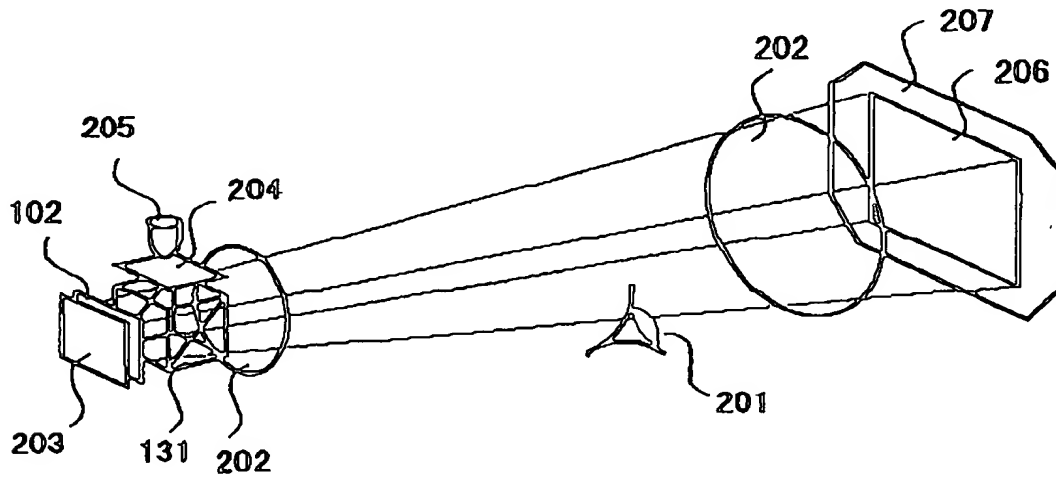
【図 2 5】

図 2 5



【図 26】

圖 26





【図 2 7】

図 2 7

表 1

液晶層のリター レーション [nm]	ツイスト角度 [度]	液晶配向角度 [度]	位相板方位角 度 [度]	位相板リター ション [nm]	コントラスト比
200	40	-22	71	334	374
200	45	-19	74	332	794
200	50	-17	77	328	559
200	55	-16	80	320	205
250	40	-29	70	385	297
250	45	-27	73	383	527
250	50	-26	76	379	462
250	55	-24	78	370	244
275	40	-31	70	409	330
275	45	-29	73	406	413
275	50	-28	76	401	241
275	55	-28	81	410	65
300	40	-32	71	433	316
300	45	-31	75	430	222
300	50	-30	78	423	106
310	40	-32	72	445	262
310	45	-31	75	441	163
310	50	-30	79	434	79
320	40	-32	72	458	194
320	45	-31	76	456	122
320	50	-30	80	450	62
330	40	-32	72	476	116
330	45	-31	76	477	88
330	50	-30	80	477	52

【図 2 8】

図 2 8

表 2

液晶層のリター レーション [nm]	ツイスト角度 [度]	位相板方位角 度 [度]	位相板リター ション [nm]	コントラスト比
200	50	52	154	6
200	55	50	144	9
200	60	48	137	13
200	65	44	133	15
250	50	58	140	14
250	55	55	122	35
250	60	51	108	41
250	65	46	101	21
300	50	65	145	25
300	55	63	118	60
300	60	59	91	23
300	65	50	73	10
350	50	70	173	29
350	55	71	146	113
350	60	70	109	22
350	65	66	70	5
400	50	71	216	20
400	55	73	196	67
400	60	74	162	185
400	65	75	110	10
450	50	70	255	19
450	55	72	250	35
450	60	74	242	49
450	65	75	220	66

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 白表示時及び黒表示時の無彩色化に加えて、中間調表示時の無彩色化も同時に実現し、色再現性を高めることにある。

【解決手段】 スイッチング素子と反射電極 1 0 4 とを備えた複数の画素をマトリクス状に配置したアクティブマトリクス基板と、該基板とガラス基板との間に封入した液晶層 1 0 3 と、位相板 1 0 2 と、偏光板 1 0 1 とからなる反射型カラー液晶表示装置において、ノーマリブラック表示方式であって、位相板と液晶層との間における光のストークスパラメータ ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ) の  $S_1 - S_2$  面への射影がほぼ直線であり、かつ、反射電極の反射面における偏光状態が何れの波長においてもほぼ円偏光であると共に、液晶層の厚みと屈折率異方性との積である液晶層のリターデーションが  $150\text{ nm}$  以上でかつ  $340\text{ nm}$  以下であり、液晶層のツイスト角度 1 1 3 が  $20$  度以上でかつ  $70$  度以下とする。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 1 0 8 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[ 変更理由 ] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地  
氏 名 株式会社日立製作所